·护理教育研究·

下肢骨牵引护理虚拟仿真实验项目的设计与应用

何姗[1,2]　陈倩竹[2]　张云美[1]　唐永利[2]　曾剑[3]　肖凤[1]　刘芳[1]　周恒宇[1]　牟绍玉[1]
[1]重庆医科大学护理学院，重庆　400016；[2]重庆医科大学附属第一医院骨科，重庆　400016；[3]上海梦之路数字科技有限公司，上海　201203
通信作者：牟绍玉，Email：643163877@qq.com

【摘要】 目的　设计下肢骨牵引护理虚拟仿真实验教学软件，并探讨其应用效果。**方法**　根据临床案例，通过虚拟仿真技术进行骨折下肢的3D建模。该建模考虑到骨牵引与骨折断端的位置与力学关系，以及骨牵引术后的病情评估与处理，并将这些因素作为仿真设计要素。从骨折的院前急救、院内分诊、骨牵引术操作及术后护理这4个场景设计虚拟实验。这些实验在三年级护理本科生中进行了应用，并采用考试成绩和学生满意度调查来评价其应用效果。**结果**　教学软件由4个训练模块组成，包括骨折的理论知识学习、骨牵引的操作前准备、骨牵引的操作方法和原理、骨牵引术后的病情观察。学生的最终实验成绩为（90.99±0.58）分，对实验系统和教学模式的满意度分别为87.85%（441/502）和63.35%（318/502）。**结论**　下肢骨牵引护理虚拟仿真实验项目具有科学性、专业性和趣味性，学生使用满意度较高，可以在护生及护士继续教育中推广应用。

【关键词】 虚拟系统；　外科护理学；　骨牵引；　教育
【中图分类号】 R33
基金项目：重庆市教育科学规划课题（2021-GX-111）；重庆医科大学未来医学青年创新团队支持计划（W0008）
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20231009-01688

Design and application of a virtual simulation tutorial system for bone traction nursing of the lower limbs

He Shan[1,2], Chen Qianzhu[2], Zhang Yunmei[1], Tang Yongli[2], Zeng Jian[3], Xiao Feng[1], Liu Fang[1], Zhou Hengyu[1], Mu Shaoyu[1]
[1]School of Nursing, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China; [2]Department of Orthopedics, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China; [3]Shanghai Mengoo Digital Technology Company, Shanghai 201203, China
Corresponding author: Mu Shaoyu, Email: 643163877@qq.com

【Abstract】 Objective　To design a virtual simulation tutorial system for bone traction nursing of the lower limbs, and to investigate its application effect. **Methods**　Based on clinical cases, a 3D model was established for the fractured lower limb using the virtual simulation technique. The design of the model considered the position and mechanical relationship between bone traction and fracture ends, as well as the assessment and intervention of the condition after bone traction, and such factors were taken as the core elements of simulation design. Virtual experiments were conducted for the four scenarios of pre-hospital first aid, triage in the hospital, bone traction operation, and postoperative nursing. Such experiments were conducted among junior nursing undergraduates, and examination results and student satisfaction survey were used to evaluate the application effect of the experiments. **Results**　The teaching software consisted of four training modules, i.e., theoretical knowledge learning of fractures, preparation before bone traction operation, methods and principles of bone traction operation, and observation of conditions after bone traction. The final

score of experiments was (90.99 ± 0.58) points among the students, and the degree of satisfaction with the experimental system and the teaching model was 87.85% (441/502) and 63.35% (318/502), respectively. **Conclusions** The virtual simulation experiments for bone traction nursing of the lower limbs are scientific, professional, and interesting and have a relatively high degree of satisfaction among students, and therefore, they can be applied in the education of nursing students and the continuing education of nurses.

【**Key words**】 Virtual system; Surgical nursing; Bone traction; Education

Fund program: Chongqing Municipal Education Science Planning Project (2021-GX-111); Program for Youth Innovation in Future Medicine, Chongqing Medical University (W0008)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20231009-01688

骨牵引术是骨科疾病常用的治疗方法，也是外科护理学教学中的一个重点和难点[1]。由于牵引钢针直接牵引骨骼，牵引力强大，持续时间长，因此术后并发症较多。牵引效果直接影响到骨折断端的复位与愈合[2]。然而，骨折的发生过程、骨牵引术中操作、术后并发症的发展演变难以在实际教学中进行全真模拟。骨牵引术的真实场景操作具有不可逆性，护生无法直接观察和体验牵引的有效性。因此，需要设计并开发虚拟仿真实验教学软件。

虚拟仿真实验可利用计算机生成融视觉、听觉、触觉等多源信息的动态虚拟环境，通过虚拟系统与人交互，反映真实世界，使用者产生身临其境的高度沉浸体验。近年来，它在本科教育教学中起到了积极的作用[3-4]。调查发现，在国家虚拟仿真实验教学课程共享平台中，未发现骨牵引护理技术的综合类虚拟仿真实验项目。鉴于此，作者所在的教学团队与上海梦之路数字科技有限公司合作，参考我国虚拟仿真实验教学课程建设指南（2020 年版），设计开发了下肢骨牵引护理技术虚拟仿真实验教学软件。该软件旨在通过创设虚拟仿真的临床环境和处置过程，让学生清晰观察骨折的病理生理改变、骨牵引术的护理要点，以满足大规模、反复训练的实验教学需求，提高学生的临床思维能力，提升课程教学质量[5]。本项目已获批重庆市高校一流本科虚拟仿真实验教学课程，现介绍如下。

1 实验项目开发设计

1.1 设计思路

实验项目采用三维 Unity 引擎开发，包括学习模式和考核模式，支持电脑 PC 端和智能手机终端。研究者将下肢股骨骨折形态，骨牵引术操作，牵引针、牵引弓、牵引砝码与骨骼的位置及力学关系，以及骨牵引术后的病情观察要点作为核心要素进行仿真设计。项目涵盖骨牵引护理技术的 16 个主要知识点（表 1），设计了 52 个交互步骤。在使用过程中，学生通过操作推动病情发展，如果发生错误操作触发不良结局，软件将发出警示，如果是严重错误将导致使用程序中断。

表 1 实验项目涉及的知识点

序号	知识点
1	骨折的临床表现
2	骨折病人的体格检查：视诊、触诊、叩诊、听诊、动诊、量诊、神经系统检查
3	骨折的辅助检查
4	下肢骨折的早期并发症
5	下肢骨牵引的牵引方式、部位选择、适应证和禁忌证
6	保持牵引有效性的原则
7	骨牵引病人的疼痛护理
8	骨牵引术后病人下肢神经损伤的评估方法
9	骨牵引术后病人下肢肢端血供的评估方法
10	骨牵引术后病人下肢深静脉血栓的预防与处理
11	骨牵引术后病人创口出血情况的评估与处理
12	骨牵引术后病人牵引针道的评估、常用消毒剂和消毒方法
13	骨牵引术后病人压力性损伤的评估与处理
14	骨牵引术后病人肺部感染情况的评估
15	骨牵引术后便秘的评估与处理
16	骨牵引术病人的人文关怀

虚拟仿真实验教学软件内容基于临床真实病例，通过软件创设虚拟仿真的临床环境和诊疗处置过程，构建骨折的理论知识学习、骨牵引操作前准备、骨牵引操作方法及原理、骨牵引术后的病情观察共 4 个训练模块。将骨科体格检查的视诊、触诊、叩诊、动诊、量诊技术整合于各场景的救护中。本实验安排在理论课和临床见习之间，学生在虚拟场景中开展探究式自主学习。通过学习，学生应掌握骨牵引术治疗的适应证和禁忌证、术后护理要点，熟悉操作步骤，提高临床护理决策能力，培养人文关怀精神。软件设计的功能结构如图 1 所示。

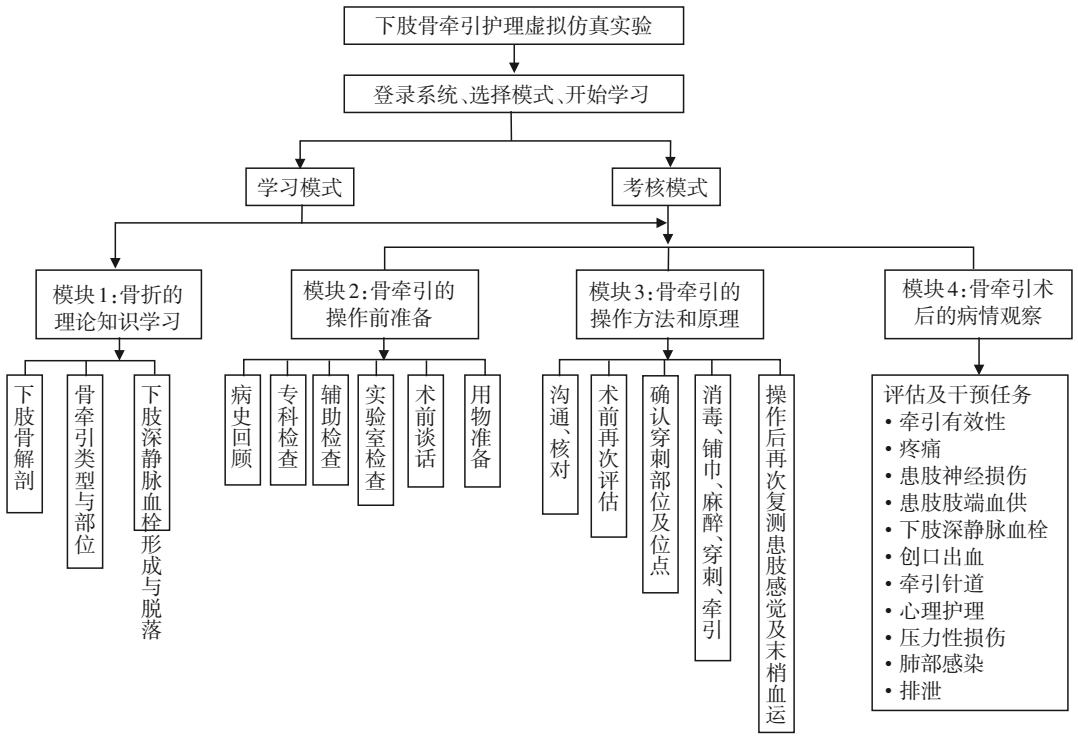


图1　实验系统设计

1.2　训练模块功能介绍

1.2.1　训练模块1：骨折的理论知识学习

理论知识包括下肢骨骼的解剖学和生理学，下肢骨牵引的类型、部位（股骨髁上牵引、胫骨结节牵引、跟骨牵引），治疗的适应证和禁忌证，以及下肢深静脉血栓（deep vein thrombosis，DVT）的形成与评估等。

1.2.2　训练模块2：骨牵引的操作前准备

点击入院记录，实验项目将引导学生回顾病史、进行术前谈话，软件会自动弹出题目，考核骨折早期并发症等知识点，并要求学生正确选择骨牵引术的操作用物，完善术前准备。

1.2.3　训练模块3：骨牵引的操作方法和原理

实验项目对骨折下肢进行3D建模，形成皮肤和骨骼结构的透视效果。借助动画设计，可以清晰地显示出牵引弓、牵引针、牵引砝码与骨骼的位置及力学关系，帮助学生理解骨牵引术的基本原理（图2）。在软件中，学生可以以操作者或观察者的视角，模拟骨牵引术的操作步骤：术前沟通、术前评估、确认穿刺部位及位点、消毒铺巾、麻醉、穿刺过程、牵引弓通过牵引绳及支架滑轮连接牵引砝码、操作后再次复测患肢感觉及末梢血运。实验项目能让学生理解操作步骤及原理，将病人卧位的安置、肢体高度的调节及牵引砝码重量的计算作为考核知识点，帮助学生巩固护理知识。



A. 左下肢胫骨结节牵引

B. 足跟部压力性损伤

注：左为真实图像；右为虚拟图像

图2　骨牵引的护理评估场景设计

1.2.4　训练模块4：骨牵引术后的病情观察

模拟设计了术后第1、2、3、7天的病人病情变化过程，并列出术后4天不同时间段的护理任务清单。在牵引有效性、疼痛、患肢神经损伤、患肢肢端血供、牵引针道、创口出血、压力性损伤、下肢深静脉血栓形成、肺部感染评估及处理、病人排便护理等方面设置了考核点。实验还设计了心理护理的隐藏考核点，任务清单上没有任务提示，如果未能完

成该考核点测试，系统将自动扣分并显示扣分原因。

1.3 评价与反馈功能

软件可以自动记录、存储和分析学生学习的相关数据，包括答题和分数分布情况。该考核满分为100。教师可以导出平台成绩以用于教学反馈。考核评价功能可以通过学习模式和考核模式来实现。

在闯关式学习模式下，学生通过反复练习进行学习，系统自动计分，实现对学生的形成性评价，促进学生反思知识、技能和临床思维，并主动进行反复训练。

在考核模式下，学生根据病人的病情发展过程，依次解决出现的护理问题。系统会根据学生的回答给出成绩，作为终结性评价。

2 课程应用

2.1 使用对象

本项目应用于2019级和2020级护理本科生，共有1 009人参与了《外科护理学》课程的学习。

2.2 实施过程

项目提供虚拟仿真实验操作手册，帮助学生掌握操作方法。学生登录后，在系统引导下，复习理论知识，学习胫骨结节牵引术的实施过程和骨牵引护理技术的技能要点。实验采用人机交互方式，以操作者或观察者视角，模拟骨牵引术的操作步骤，学生需对骨牵引术前、术中、术后病人常见的护理问题进行评估及干预。学习结束后，系统会反馈学习情况，以增强学习体验，促进学生探究思考。学生有2周时间进行线上自主学习。学习结束后，教师会导出学生成绩，并向学生发放自制的实验满意度调查表。满意度调查表包括学生对虚拟仿真实验学习效果和学习意愿的评价（10题）、对该虚拟仿真教学系统的喜爱程度（1题）和对教学模式的满意度（1题），并设1个开放式题目，询问学生对实验设计和应用的其他建议。调查表采用Likert 5点式计分。同时，课程组教学秘书收集教师对本实验项目的评价意见。

2.3 应用效果

学生可以在线上进行反复练习，并将系统记录的最高分作为实验成绩。2020级护理本科生的最终学习成绩平均分为（90.99 ± 0.58）分，最高分为100，最低分为61。

2020级共有502名学生参与了实验满意度问卷调查。学生普遍认为，虚拟实验有助于掌握骨牵引术的知识与技能，并能培养临床思维能力。有281人（55.98%）和288人（57.37%）愿意再次使用该系统学习本实验，并推荐其他同学学习本实验（表2）。441名（87.85%）学生表示喜欢这个虚拟仿真教学系统；318人（63.35%）对这种教学模式感到满意。

2.4 师生使用评价

通过满意度调查，收集到了97条学生主观评价，大部分为正向评价。学生表示，通过虚拟仿真实验，他们能够直观地了解骨牵引术的操作步骤，进一步熟悉骨牵引术的基本原理，并厘清骨科常用的体格检查细节。学生还表示，他们对术后病人可能存在的护理问题及处理措施有了更清晰的认识，对在临床见习中进行病史采集也更有信心了。然而，也有少量学生反映软件运行出现了卡顿，系统操作的流畅性影响了学习体验。此外，还有部分学生建议教师可以参考游戏体验，开发团队版软件，以提升学习体验。

表2 学生对虚拟仿真实验的使用体验调查[n=502，例（%）]

学习意愿调查	非常不同意	不同意	不确定	同意	非常同意
虚拟情境让我有身临其境的感觉	12（2.39）	16（3.19）	82（16.33）	267（53.18）	125（24.91）
能激发学习兴趣	13（2.59）	20（3.98）	102（20.32）	229（45.62）	138（27.49）
有助于对抽象知识的理解	13（2.59）	14（2.79）	52（10.36）	266（52.99）	157（31.27）
有助于骨牵引护理技能的学习	13（2.59）	6（1.20）	57（11.35）	271（53.98）	155（30.88）
有效衔接了理论知识与临床护理实践	11（2.19）	8（1.59）	57（11.35）	271（53.98）	155（30.88）
有助于提升分析和解决问题的能力	15（2.99）	6（1.19）	71（14.14）	264（52.59）	146（29.09）
有助于培养临床思维能力	11（2.19）	8（1.59）	61（12.15）	270（53.79）	152（30.28）
增加了我从事骨科护理工作的信心	13（2.58）	10（1.99）	122（24.30）	234（46.61）	123（24.51）
愿意再次进入系统学习本实验	54（10.76）	33（6.57）	134（26.69）	186（37.05）	95（18.93）
愿意向其他同学推荐学习本实验	36（7.17）	25（4.98）	153（30.48）	184（36.65）	104（20.72）

授课教师认为：虚拟仿真实验能很好地引导学生从理论知识学习过渡到临床实践。软件不仅清晰地展示了规范的骨牵引术操作和护理，还展示了现实中无法演示的牵引失效、牵引质量不足和过重（图3），以及错误操作导致下肢深静脉血栓脱落等情况。系统的报警设置给学生留下深刻印象，容许犯错和反复练习有利于提高学生的自主学习能力。

3　讨论

3.1　虚拟仿真实验项目设计解决了教学痛难点

实验项目基于骨折护理教学中的痛点和难点问题，以临床病例为基础，有针对性地设计实验场景和流程。

传统教学中，下肢解剖结构无法透视。考虑到伦理和病人安全问题，无法在病房展示牵引弓、牵引绳与骨折端牵引方向的联动关系，以及牵引砝码质量与骨折断端复位情况，还有牵引无效情况下的病人真实反应。骨牵引术病人的评估与护理要点较多，而临床见习也无法在短时间内展示病情的动态发展变化。虚拟仿真技术可以有效地弥补骨外科护理传统教学的不足，使骨牵引术的知识点学习更加浅显易懂，成为连接理论教学与临床实践的桥梁[6]。

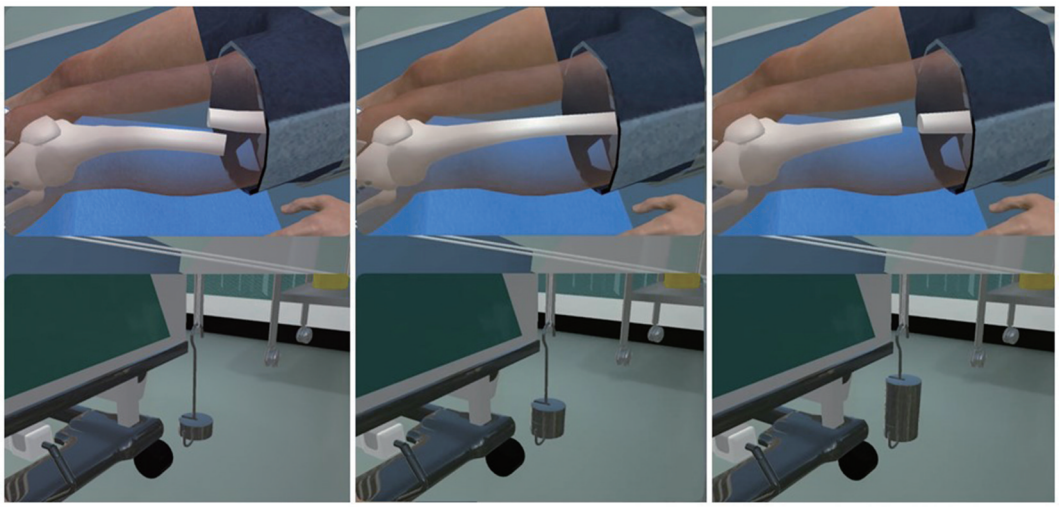
实验场景涵盖院前急救、院内分诊、骨科评估的环境及诊疗流程，紧密结合临床实际工作场景。研究者将骨折患者的下肢骨解剖，牵引术中牵引弓、牵引针、牵引砝码与骨折断端的位置与力学关系，以及骨牵引术后并发症的发展演变、评估与处理要点，作为虚拟仿真实验系统的仿真设计核心要素。实验结合透视原理，大量采用3D动画设计，以增强实验体验的沉浸感。系统采用真人配音，配合画面与对话字幕，在视诊、触诊、叩诊、听诊、动诊、量诊及骨牵引术操作步骤中，配以关键知识点的文字提要，使知识与技能学习有机融合。

3.2　实验项目设计特点

3.2.1　实验项目科学、专业

课程研发团队由护理学实验教学中心、外科护理学教学团队及软件设计公司的技术团队组成。借助于本校的国家级虚拟仿真实验教学平台及重庆市护理学实验教学示范中心的资源，课程研发团队开展了实验项目开发工作。为了确保实验设计的专业性，课程研发团队采取了以下几个方面的措施。

①总结骨外科护理学的教学重点和难点，明确核心仿真设计要素。②教学团队收集大量案例资料，并拍摄骨专科体格检查及骨牵引术规范操作视频，为软件开发提供详尽、丰富的建模素材。③在考核点的设置上，避免照搬实验流程和让学生通过拖曳鼠标完成操作的做法[7]。相反，研究者将案例资料、病人表现与感受以画面和声音的形式进行直观呈现，如左下肢肿胀、牵引失效、足跟压力性损伤、病人因为疼痛而发生的语音语调变化等。这样最大程度地模拟了真实的临床情境，要求学生进行评判性分析，做出正确的临床决策。④实验采用Unity 3D引擎进行程序操作与人机交互。教学团队与技术开发人员保持密切沟通，通过线上会议讨论



A. 牵引质量不足　B. 牵引质量合适　C. 牵引质量过重

图3　骨牵引质量与骨折断端复位的关系

确定技术细节，以期达到最好的演示效果。⑤课程邀请了10名骨科临床护士、2名临床医生、10名护理本科生进行试用，并根据他们的意见对软件进行了完善，使实验项目更具有科学性和专业性。

3.2.2 实验项目激发了学生主动学习的兴趣

软件系统画面逼真，采用真人配音，仿真度高，能激发学生的学习兴趣。虚拟仿真实验颠覆了传统骨外科护理教学中学生只能听、只能看的被动局面，软件采用游戏闯关式的学习任务设计，将剧情、动画、对话、字幕与操作要点提示融为一体。在实验满意度问卷调查中，学生表示虚拟仿真实验帮助他们直观地了解了骨牵引术的操作步骤和原理，有助于建立临床实践中的信心。通过与虚拟仿真场景的交互体验，真正实现了“以学生为中心”的听、看、练、玩全息教学。实验项目可以多次、反复练习，不受时间、空间限制，满足个性化学习需求，多维度培养学生的知识水平、技能水平、自主学习能力与评判性思维能力，进而提升学生临床综合能力[8]。学生的平均学习成绩超过90分，该项目受到学生的喜爱。

同时，应注意的是，只有不足60.00%的学生愿意再次进入系统学习本实验，并向其他同学推荐学习本实验。分析学生评价意见发现，一是部分学生电脑配置的原因，使其在学习的过程中会出现卡顿，导致其体验感下降；二是学生会将以往在网络游戏中的沉浸体验感与本实验项目进行比较，认为多人参与的团队版实验（含医生、护士、病人、家属等多种角色）可获得更好的学习体验。目前，国内已有基于跨专业教育理念的多人协同训练虚拟仿真实验[9-10]。但是，因开发难度大、周期长、耗资大，以及部分场景要采用跨学科的情境模拟教学方法，目前软件公司对多人协同训练实验软件的开发投入有限。教师可关注信息技术的未来发展方向，开展跨专业教育资源建设。

3.2.3 实验项目融入了人文关怀元素

实验项目秉持技术与人文并重的教学理念，在设计中融入人文关怀元素，以培养学生的共情能力和人文关怀精神[11]。项目特别设计了医患、护患语音沟通环节，在真人配音的对话中，特别注意医护人员语调轻柔、尊重病人隐私、保护病人安全等人文关怀内容。此外，还通过清单式任务栏引导学生完成实验操作，同时设计了隐藏的心理护理任务，以培养学生的责任感和人文关怀意识。

3.2.4 实验项目采用递进式课程评价方式

课程采用“理论—虚拟仿真—临床实践”三层次递进的教学模式，虚拟仿真训练衔接课堂知识点讲授与临床见习。课程综合运用案例教学、反思性自主学习等方式，通过进阶式学习与通关式问答相结合、线上虚拟交互与线下综合实训相结合、学生自主学习与平台虚拟示教相结合，旨在提高学生的系统评估能力，培养他们正确处理问题的临床评判性思维和决策能力。

3.3 不足与展望

实验项目紧密结合下肢骨牵引护理的教学目标，围绕相关的理论知识和技术操作内容展开。虚拟病人被设计为没有基础疾病的单纯性股骨干骨折的年轻男性病人，涉及的理论知识和护理技术相对较局限，没有体现对合并基础疾病的老年病人或多发伤病人的处理，因此对学生综合分析能力和鉴别判断力的培养有待加强。未来将进一步完善实验项目的场景设计，并增加综合性训练环节。此外，虚拟仿真实验项目虽然设计了人文沟通和心理护理环节，但问题设计较单一，深度有待提高，需要强化对学生人文关怀能力的培养[12]。本实验主要关注学生对下肢骨牵引病人护理问题的评估与护理，虚拟仿真技术对学生实践技能的提升可通过实践环节的考核来体现。因此，建议教师在课堂教学环节要注意加入人文关怀的内容，在实践环节设计技能考核，与虚拟仿真实验相配合，以促进学生的知识、技能和素质的全面提升[6,13]。

4 结语

下肢骨牵引护理虚拟仿真实验项目采用3D建模技术，聚焦骨折下肢护理的16个知识点。实验通过4个训练模块，即骨牵引操作前准备、操作方法及原理、骨牵引术后的病情观察，采用“理论-虚拟仿真-临床实践”三层次递进的模式展开。通过全真模拟临床工作场景，学生可系统学习骨牵引护理的基本知识和操作技能。实验将外科护理学、基础护理操作、急救护理、健康评估等内容整合于实验场景中，解决了无法透视病人皮肤和骨骼结构的问题，以及骨牵引术教学中学生难以理解基本原理和护理要点，不能反复实训的问题。这提升了学生的评判思维和实践操作能力，强化了人文关怀意识，可以在护生及护士继续教育培训中推广应用。